心理学报 2019, Vol. 51, No. 6, 648−661
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2019.00648

工作记忆刷新训练改善抑郁倾向大学生情绪调节能力的 HRV 证据*

彭婉晴 罗 韦 周仁来

(南京大学心理学系, 南京 210023)

摘 要 根据流调中心用抑郁量表(CES-D)和贝克抑郁量表(BDI-II-C)的得分情况招募健康被试 20 例, 抑郁倾向被试 40 例, 以自愿参加的分组方式将抑郁倾向被试分为工作记忆刷新训练组和对照组, 每组 20 例。对训练组进行为期 20 天的工作记忆刷新训练, 对照组不做处理。记录各组被试在前后测的刷新功能以及在情绪调节任务中量表的得分情况, 并收集各组被试在 5 种实验条件下的心率变异性(HRV)的频域指标值, 结果发现: 前测时抑郁倾向个体的 HF-HRV 显著低于健康个体的平均水平。经过工作记忆训练, 后测的抑郁倾向训练组在情绪调节任务中的 HF-HRV 水平有显著的提高, 贴近健康对照组的水平, 并与抑郁倾向对照组分离。研究表明, 工作记忆刷新训练能够使抑郁倾向大学生的 HRV 活动更接近健康被试的 HRV 活动, 表明抑郁倾向大学生的情绪调节能力得到了改善。

关键词 抑郁倾向; 工作记忆刷新训练; 情绪调节能力; 心率变异性(HRV)

分类号 B842; R395

1 引言

近年来, 随着社会竞争力的加大, 在校大学生表现出了越来越多的抑郁倾向, 作为介于完全健康人和抑郁症患者之间的人群, 他们表现出了抑郁情绪但达不到临床诊疗标准, 这不仅会影响他们的生活质量, 而且若不加以适当调整, 任由其发展, 很容易发展为抑郁症(谭曦, 张靖, 吴朝阳, 杜渐, 孔军辉, 2010)。

个体的情绪调节方式往往会对他们的抑郁水平产生影响(黄敏儿, 郭德俊, 2001), 很多研究表明抑郁症患者在情绪调节能力方面存在缺陷。例如, 抑郁症患者会更多地使用不太有效的情绪调节策略, 如冗思和抑制(Gross & John, 2003)。有研究者指出, 情绪调节实质上是一种认知控制(Diestel & Schmidt, 2011), 抑郁个体在处理负性材料时表现出了抑制功能的缺乏或减退, 这与他们容易陷入沉思和缺乏重评的思维习惯有关(Joormann & Gotlib, 2010)。

工作记忆的刷新功能与情绪调节有密切关系。工作记忆刷新是一种发生在中央执行系统中的记忆以旧换新的过程(Morris & Jones, 1990), 而情绪调节也可以被视为一种刷新过程, 即把消极的情绪刷掉, 让新的良好情绪进来(Levens & Gotlib, 2010)。刷新功能是执行功能的一部分, 执行功能尤其是刷新功能在内隐情绪调节中有着独特的作用, 刷新能力强的个体可以灵活地适应个人的行为情境和调整情绪以适应个人目标(Sperduti et al., 2017)。已有研究表明, 工作记忆刷新训练可以有效提升人类的执行功能(Dahlin, Nyberg, Bäckman, & Neely, 2008; Zhao, Zhou, & Fu, 2013), 而执行功能与人类思维的灵活性及情绪调节能力有关(周玫, 周晓林, 2003; Mackie, van Dam, & Fan, 2013)。因此, 有不少研究者认为, 工作记忆刷新功能训练有可能迁移到受训者的认知重评能力上, 从而提高受训者的情绪调节

收稿日期: 2018-04-04

* 中央高校基本科研业务费专项资金项目(14370303), 江苏省哲学与社会科学重点基地重大项目(2015JDXM001)和南京大学双创基地重点项目(SCJD0406)资助。

彭婉晴和罗韦为共同第一作者。

通信作者: 周仁来, E-mail: rlzhou@nju.edu.cn。

能力(Pe, Raes, & Kuppens, 2013)。另外, 也有研究直接表明个体的刷新能力和情绪恢复能力有显著的联系, 刷新能力越强, 情绪恢复越快(Pe et al., 2015)。还有研究表明, 情绪的社会调节有助于改善个体从工作记忆中更新负面内容的能力(Flores & Berenbaum, 2017)。因此, 刷新能力和情绪调节能力有着密切的关系。Xiu 等人尝试使用工作记忆刷新训练的方式, 通过提高健康大学生的刷新功能, 进而提高了他们的情绪调节能力(Xiu, Zhou, & Jiang, 2016)。

对于抑郁症患者, 研究发现他们也存在刷新功能的缺陷(Levens & Gotlib, 2010), 由于无法及时更新其不良情绪, 才导致了消极情绪的堆积, 最终造成抑郁状态。基于此, 本研究旨在探索有抑郁倾向的大学生通过工作记忆刷新训练后, 其情绪调节能力是否会获得改善, 以期为抑郁倾向患者的干预提供借鉴。

人的情绪调节能力的客观测量指标是一个备受关注的话题, 在情绪的生理心理学研究中, 以往采用的生理指标包括心率、呼吸、皮肤电阻以及手指温度等(Alaoui-lsmaïli, Vernet-maury, Dittmar, Delhomme, & Chanel, 1997)。近年来, 由于心率变异性(Heart Rate Variability, HRV)研究方法的日渐成熟, HRV 已经被认为是一系列反映交感−副交感神经活动的方便、客观和直接的指标, 并在压力、紧张等情绪的研究中被广泛应用(Sharma & Gedeon, 2012)。心率变异性是指逐次心搏间期之间的微小变异, 代表了窦性心率的波动变化程度(庹焱, 陶红, 朱铨英, 2001)。在生理条件下, HRV 的产生主要是由于心脏窦房结自律活动通过心交感和心迷走神经、神经中枢、压力反射和呼吸活动等因素的调节作用, 使得心脏每搏间期一般存在几十毫秒的差异(刘晓芳, 叶志前, 2001), 这些差异的存在是正常的且必要的, 它反映了我们自主神经的灵活性, 使我们的生理和情绪状态得以更好地适应环境的需求(Appelhans & Luecken, 2006)。由于 HRV 是一项能够反映心脏为满足不断变化的情境需求而做出的调节活动程度的生理指标, 也是反映心交感神经与心迷走神经张力及其平衡的重要指标(付安爽, 2015), 其值大小能够度量心交感神经和心迷走神经对心率的连续影响, 指示自主神经灵活性的大小, 因此可以用来反映个体调节情绪的能力(Williams et al., 2015; Appelhans & Luecken, 2006)。

本研究仅涉及对 HRV 的频域指标的讨论, 主要关注的频谱成分是高频(high-frequency)和低频成分(low-frequency)。高频段(HF, 0.15~0.4 Hz)的频带是依据正常呼吸的频率范围[1]来划定的, 反映的是心迷走神经的功能状态(Libby, Worhunsky, Pilver, & Brewer, 2012), 高频的成分越多(功率越大), 表示该个体所处的状态与正常的呼吸节律越接近, 即情绪状态越佳(Thayer, Åhs, Fredrikson, Sollers, & Wager, 2012), 有研究者指出, 从静息态到情绪调节过程中 HF 的变化与临床结果有着前瞻性的联系(Libby et al., 2012); 低频段(0.04~0.15 Hz)是心交感神经和心迷走神经共同作用的产物, 由于担心 LF 受到心迷走神经的影响, 许多学者将 LF/HF 作为"交感平衡指数" (Appelhans & Luecken, 2006)。心交感神经是植物性神经的一部分(植物神经系统是内脏神经纤维中的传出神经, 其掌握着心脏搏动、呼吸、消化、血压以及新陈代谢等生理功能); 心迷走神经为混合神经, 它除了支配着呼吸、消化两个系统的大部分器官之外, 还掌控着心脏的感觉、运动与腺体分泌等活动。心迷走神经的神经末梢主要释放乙酰胆碱类神经递质, 其作用与心交感神经的作用相反, 抑制起搏细胞的自发兴奋并使心率减速。在通常情况下, 心交感神经和心迷走神经的其中一个在起主导作用。比如, 在正常休息状态下, 心迷走神经作用占主导, 但是随着运动水平的增强, 心迷走神经活性减弱, 心交感神经活动增强, 应激反应则主要是依靠交感和迷走神经系统对体内器官及组织的调节来实现的, 这就为 HRV 指示个体的情绪状态提供了生理基础。就 HRV 频域指标在抑郁状态当中的指示作用而言, 目前较为统一的观点是高频心率变异性(HF-HRV)与成人和青少年的抑郁程度之间存在显著的负相关关系(Koenig, Kemp, Beauchaine, Thayer, & Kaess, 2016), 有研究表明静息状态的 HF-HRV 能够预测青少年在一年后的抑郁状况, 即静息态 HF-HRV 越高, 一年后的抑郁症状越轻(Vazquez et al., 2016)。还有研究显示人体在调节情绪时, HF-HRV 会升高(Libby et al., 2012), 在焦虑紧张时, HF-HRV 会降低(Åhs, Iii, Furmark, Fredrikson, & Thayer, 2009; Di et al., 2012)。另一方面, 现有文献少有针对 LF/HF 指示情绪调节能力的研究, 但最近有实验研究者指出, 在威胁刺激下, 惊恐障碍的患者会由于自主神经失

[1] 人类正常的呼吸频率为 16~20 次/分, 即 0.27~0.33 次/秒, 频率的国际单位为次/s (Hz)

调而引起 LF/HF-HRV 的显著升高(Wang et al., 2013), 以及相对于不调节情绪的组别而言, 调节情绪的实验组表现出了更低的 LF/HF-HRV (Wang et al., 2016), 加上 LF/HF 被认为是指示自主神经平衡性的指标(Malliani, Pagani, Lombardi, & Cerutti, 1991), 故本实验将其纳入分析范畴。

基于以上研究背景, 本文旨在探究工作记忆刷新训练对有抑郁倾向的大学生情绪调节能力的影响, 以 HRV 为生理指标, 结合相应的主观量表调查问卷, 考察接受了工作记忆刷新训练的抑郁倾向大学生相对于健康大学生和未接受训练的抑郁倾向大学生而言, 在情绪调节任务中的表现是否有差异。另外本次研究除了设计静息态以外, 还设计了投入状态和调节状态, 旨在探究大学生在努力调节情绪时, 其 HRV 值的变化情况。

2 研究材料与方法

2.1 研究对象

通过互联网和张贴海报的方式在南京市两所大学招募被试, 采用抑郁量表(CES-D)和贝克抑郁量表−第二版中文(BDI-II-C)对自愿参加实验大学生进行筛选, 纳入标准：(1)抑郁倾向组：BDI-II-C 得分大于或等于 15 分, 且 CES-D 得分大于或等于 20 分, 且未达到 CCME-3 关于抑郁症的诊断标准; (2)健康组：BDI-II-C 得分小于 15 分, 且 CES-D 得分小于 20 分(杨文辉, 熊戈, 2016)。同时满足右利手、视力或矫正视力正常、无任何精神疾病、不吸烟、不喝酒、未服用任何精神兴奋药物等条件。最终筛选出 40 名抑郁倾向被试(自愿分成抑郁倾向训练组和抑郁倾向对照组)和 20 名健康被试。健康组与抑郁组被试的性别和年龄分布无显著差异, CES-D 及 BDI-II-C 量表得分情况均表现为抑郁倾向组显著高于健康被试组。所有被试均签署了知情同意书, 并在实验结束后获得了一定的报酬。该研究得到了南京大学心理学研究伦理委员会的同意。

2.2 主要研究工具

2.2.1 刷新功能测试

前后测采用 2-back 和 3-back 任务来测量被试的工作记忆刷新能力, 在 2-back 任务中, 要求被试比较当前出现的字母是否和此前刚呈现过的前面第二个字母相同。3-back 任务则是比较当前字母和此前呈现过的前面第三个字母是否相同。分别统计抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组和健康对照组被试在前后测的 2-back 和 3-back 任务的反应时和正确率。

2.2.2 情绪调节量表和主观评分量表

本研究采用的情绪调节量表考察被试的情绪调节能力, 问卷共有 14 个题项, 每题项以 1~7 的 7 点量表计分(1 完全不同意; 4 不同意也不反对; 7 完全同意), 题目涉及个体的情绪体验及情绪表达, 问卷分为认知重评和表达抑制两个维度分量表, 每个维度有 7 个项目, 目的是测量被试对认知重评和表达抑制两种情绪调节策略的使用倾向。研究表明, 该量表在大学生样本中使用具有良好的信度指标, 认知重评和表达抑制维度的重测信度系数分别达到 0.85 和 0.87 (王力, 陆一萍, 李中权, 2007)。另外, 采用 9 点主观评分量表评估被试在观看视频时的主观情绪体验, 1~9 分表示从非常积极到非常消极, 5 分是中性。

2.2.3 情绪调节任务

使用周仁来等人修订的情绪视频库, 该视频库包含 8 种情绪状态如快乐、悲伤、中性等, 每种情绪状态包括了 8 个视频片段, 共 64 个视频片段, 效价和情绪唤醒度在相同类型的视频之间无显著差异(Deng, Yang, & Zhou, 2017)。本实验从中挑选了 4 个中性片段和 8 个负性片段, 让被试观看。视频实验分为 3 个阶段：(1) 中性状态：被试会看到一个中性的情绪视频(例如天气预报或一个中国的书法讲座), 指导语要求被试仅仅注意就可以了, 不用抑制他们的想法和感受。(2) 投入状态：在这个条件下, 被试会看到一个负性情绪的视频(例如战争的场景或交通事故), 指导语要求在这个过程中, 被试要投入, 并且自然地感受自己的情绪。(3) 调节状态：被试会看到一个负性情绪的视频, 指导语要求他们需要尽可能地调节他们的情绪。在各阶段的转换之间都会有 2 分钟的休息时间去帮助被试恢复平静并填写视频主观评分量表。

2.2.4 工作记忆刷新训练

采用赵鑫等研究者使用过的(Zhao et al., 2013; Xiu et al., 2016)工作记忆刷新训练程序。该电脑程序主要包括三个任务, 分别是字母活动记忆任务、动物活动记忆任务和方位活动记忆任务。例如, 字母活动记忆任务的内容是：首先, 屏幕中央出现一个“+”, 提示任务马上开始, 接着屏幕正中央会依次、逐个地出现字母, 且出现的字母个数并不是固定的, 一共有 5、7、9、11 四种长度, 每种长度随机出现。要求被试依次记住最后出现的三个字母, 即一直保持记住最近出现的三个字母。如逐个出现的字母依次为 S-D-F-G-H, 被试需要回答 F-G-H;

若依次出现的字母为 S-D-F-G-H-J-K，被试则要回答 H-J-K。最后，屏幕中央会出现一个方框，被试按照顺序依次输入最后出现的三个字母。字母呈现的起始时间为 1750 ms/个，之后随着被试的得分，难度依次产生变化。动物活动记忆任务和方位活动记忆任务也依据类似的原理要求被试记忆倒数出现的某几个动物或方位。被试每天完成 6 组，每组 5 个单元，如被试在 5 个单元中答对 3 个及 3 个以上单元，动物的呈现时间缩短 100 ms/个，被试在 5 个单元中答对 2 个及 2 个以下单元，字母呈现时间延长 100 ms/个。

2.2.5　MP150 多导生理记录仪

采用 BIOPAC 的 MP150 多导生理记录仪对被试的心电数据进行收集，采样率为 1000 Hz，使用 0.5 Hz 的高通和 35 Hz 的低通。

2.3　主要研究方法和操作流程

2.3.1　被试的分组

以自愿参加训练的方式将有抑郁倾向被试分为工作记忆刷新训练组和对照组，每组 20 例，分组后的被试基本情况见表 1。对三组的 CES-D 和 BDI-II-C 得分进行方差分析，发现在 CES-D 得分上，组别的主效应显著，$F(2, 57) = 74.65$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.72$；且健康对照组的得分显著高于抑郁倾向训练组($p < 0.001$)和抑郁倾向对照组($p < 0.001$)，抑郁倾向训练组和对照组没有显著差异($p = 0.28$)。在 BDI-II-C 得分上，组别的主效应也显著，$F(2, 57) = 78.44$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.73$；健康对照组的得分同样显著高于抑郁倾向训练组($p < 0.001$)和抑郁倾向对照组($p < 0.001$)，抑郁倾向训练组和对照组没有显著差异($p = 0.23$)。

2.3.2　研究对象的处理

三组被试均需在各自的实验开始前后完成刷新功能测试、情绪调节量表以及情绪调节任务(见图 1)。其中，训练组在前后测之间有为期 20 天的工作记忆刷新训练，每天 20~30 分钟。对照组不做训练。

2.4　数据的采集和处理

2.4.1　情绪调节量表和主观评分量表

在工作记忆刷新训练前后的两个时间点，采用情绪调节量表对被试的情绪调节能力进行测试。在情绪调节任务中，每看完一种条件的视频后，被试会休息 2 分钟，并采用 9 点评分量表评估他们在观看视频时的主观情绪体验。

2.4.2　多导指标

首先收集被试在静息状态下的 5 分钟心电图(ECG)，并在随后的情绪任务中，收集被试在观看视频期间的 ECG，每种条件的视频观看结束后有 2 分钟的静息时间让被试的生理指标恢复到基线水平，所采集的 ECG 数据不包括评价阶段(即被试在评估他们对视频的情绪感受时)的数据，以免产生混淆。为考察被试情绪的纯净变化量，消除个体本身在观看视频时 HRV 基线水平的高低本身的影响，对数值做进一步定义如下：

HF 投入态的净改变量为：ΔHF 投入 ＝ 投入状

表 1　研究对象分组情况

组别	性别(男/女)	年龄(岁)	CES-D 得分	BDI-II-C 得分
健康对照组	6/14	19.95 ± 1.60	11.55 ± 5.07	3.90 ± 3.86
抑郁倾向训练组	4/16	20.40 ± 1.31	28.85 ± 5.47	20.57 ± 5.33
抑郁倾向对照组	3/17	19.75 ± 1.65	30.70 ± 5.82	21.50 ± 6.33

注：三组例数都是 20。

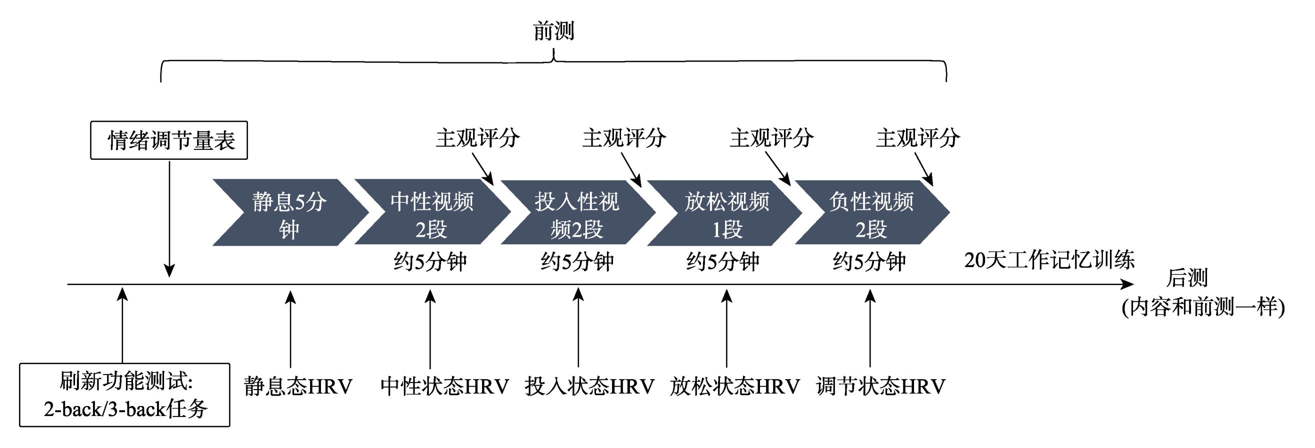


图 1　实验流程图

态 HF − 中性状态 HF

HF 调节态的净改变量为：ΔHF 调节 = 调节状态 HF − 中性状态 HF

ΔLF/HF 投入态的净改变量为：ΔLF/HF 投入 = 投入状态 LF/HF − 中性状态 LF/HF

ΔLF/HF 调节态的净改变量为：ΔLF/HF 调节 = 调节状态 LF/HF − 中性状态 LF/HF

2.4.3 数据的分析处理

由多导仪显示屏上读出单位为 s^2/Hz 的频域指标值，按照高频段 0.15~0.4 Hz，低频段 0.04~0.15 Hz 的横坐标范围对相应的频段进行积分，得出单位为 s^2 的频域指标值，再由 1 s = 1000 ms 换算得到以 ms^2 为单位的相应值，然后开方得到以毫秒为单位的数量值。对 HF-HRV、LF/HF-HRV 在 5 种实验条件下的数值及其变化趋势进行方差分析，对情绪调节量表得分情况以及 HRV 的净改变量进行重复测量方差分析，球形检验未通过时，采用 greenhouse-geisser 法对自由度 *F* 和统计值 *p* 进行校正。

3 结果

3.1 刷新功能测试结果

三组被试在前后测的 2-back 和 3-back 成绩如表 2 所示。对三组的 2-back 正确率进行重复测量方差分析，发现时间的主效应显著，$F(1, 57) = 23.31$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.29$；时间和组别的交互作用不显著，$F(2, 57) = 0.55$, $p = 0.58$。对 2-back 反应时进行方差分析，同样发现时间的主效应显著，$F(1, 57) = 18.36$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.24$；时间和组别的交互作用不显著，$F(2, 57) = 1.11$, $p = 0.33$。表明三组在后测的正确率都有显著的提高，反应时都有显著的缩短。

对三组的 3-back 正确率进行重复测量方差分析，发现时间的主效应显著，$F(1, 57) = 23.46$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.29$；时间和组别的交互作用不显著，$F(2, 57) = 0.74$, $p = 0.47$。对 3-back 反应时进行分析，同样发现时间的主效应显著，$F(1, 57) = 9.86$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.14$；时间和组别的交互作用不显著，$F(2, 57) = 0.15$, $p = 0.85$。三组在 3-back 后测的正确率都有显著的提高，反应时都有显著的缩短。

对三组的提高量进行方差分析发现组别的主效应均不显著。

3.2 主观情绪量表

被试对视频的主观评分结果见表 3。对三组在前后测主观评分量表的得分进行 2(时间：前测、后测) × 3(条件：中性、投入、调节状态) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组)的混合方差分析，发现除条件主效应显著($F(2, 171) = 173.66$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.67$)之外，其余主效应和交互效应均不显著($p > 0.05$)。条件差异主要表现为被试对投入和调节状态下视频的评分均显著高于中性状态($p < 0.001$, $p < 0.001$)，调节状态的得分显著低于投入状态的得分($p < 0.001$)，说明视频区分度可靠，负性视频成功激发了被试的主观体验，且指导语有效，被试在观看负性视频并主动调节情绪时，他们主观上体验到的负性情绪减少了。

表 2 2-back 和 3-back 任务反应时和正确率

刷新功能	抑郁倾向训练组	抑郁倾向对照组	健康对照组
2-back 正确率(%)			
前测	77.82 ± 15.95	78.69 ± 15.70	74.85 ± 14.90
后测	84.13 ± 9.06	89.56 ± 7.90	84.70 ± 9.38
提高	6.30 ± 14.13	10.86 ± 14.82	9.85 ± 14.37
2-back 反应时(ms)			
前测	1036.29 ± 204.40	1049.52 ± 182.21	1121.83 ± 206.04
后测	980.61 ± 207.58	935.94 ± 182.18	978.98 ± 169.21
提高	−55.68 ± 221.96	−113.58 ± 194.04	−142.84 ± 138.54
3-back 正确率(%)			
前测	62.04 ± 11.82	66.59 ± 14.47	64.70 ± 14.06
后测	75.90 ± 12.94	75.45 ± 13.46	72.70 ± 12.63
提高	13.86 ± 16.25	8.86 ± 17.60	8.00 ± 15.18
3-back 反应时(ms)			
前测	1095.30 ± 247.68	1086.36 ± 189.90	1084.86 ± 199.58
后测	1021.73 ± 241.30	984.06 ± 201.24	1015.10 ± 163.16
提高	−73.57 ± 224.06	−102.30 ± 204.90	−69.76 ± 173.54

表 3　情绪任务中被试对视频的主观评分结果

条件	抑郁倾向训练组	抑郁倾向对照组	健康对照组
中性状态			
前测	5.02 ± 0.41	4.75 ± 0.57	4.65 ± 0.54
后测	4.95 ± 0.74	4.67 ± 0.37	4.90 ± 0.38
投入状态			
前测	7.30 ± 1.09	7.40 ± 1.03	7.12 ± 0.88
后测	7.30 ± 1.11	7.07 ± 0.86	7.42 ± 0.87
调节状态			
前测	6.02 ± 1.16	6.57 ± 0.92	6.40 ± 0.66
后测	6.07 ± 0.90	6.52 ± 0.89	6.30 ± 1.14

3.3　情绪调节量表

情绪调节量表得分结果见表 4。对三组被试在前后测的情绪调节量表得分进行 2(时间：前后测) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组)方差分析，结果显示，在表达抑制维度上，时间的主效应不显著，$F(1, 57) = 0.29$, $p = 0.591$；组别的主效应不显著，$F(2, 57) = 0.42$, $p = 0.66$；时间和组别的交互作用也不显著，$F(2, 57) = 1.71$, $p = 0.19$。在认知重评维度上，时间主效应不显著，$F(1, 57) = 1.09$, $p = 0.30$；时间和组别的交互作用也不显著，$F(2, 57) = 0.17$, $p = 0.84$；而组别的主效应显著，$F(2, 57) = 3.90$, $p = 0.026$, $\eta_p^2 = 0.12$。进一步的两两比较分析发现，在认知重评维度上，抑郁倾向训练组和抑郁倾向对照组之间、以及抑郁倾向训练组和健康对照组之间均未体现出显著性差异($p > 0.05$)，而抑郁倾向对照组的得分显著低于健康对照组($p = 0.007$)。三组被试的认知重评子量表得分情况见图 2。

表 4　情绪调节量表前后测结果

量表维度	抑郁倾向训练组	抑郁倾向对照组	健康对照组
表达抑制			
前测	29.10 ± 8.16	29.95 ± 6.11	28.10 ± 6.39
后测	27.10 ± 6.92	29.80 ± 7.59	29.15 ± 5.59
认知重评			
前测	33.65 ± 6.20	31.15 ± 6.31	36.20 ± 3.75
后测	33.80 ± 6.47	32.20 ± 8.59	37.05 ± 4.51
总分			
前测	62.75 ± 12.21	61.10 ± 8.47	64.30 ± 7.75
后测	60.90 ± 10.18	62.00 ± 13.16	66.20 ± 7.42

3.4　HF-HRV

3.4.1　前测 HF-HRV 的结果

考察 3 组被试在视频任务过程中 HF-HRV 的变化情况，前测结果如图 3。对前测数据进行 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组) × 5(条件：静息、中性、投入、放松、调节)的方差分析显示：条件主效应不显著，$F(4, 285) = 0.48$, $p = 0.74$；时间和组别的交互作用不显著，$F(8, 285) = 1.23$, $p = 0.28$；而组别主效应显著，$F(2, 285) = 7.22$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.04$。说明在未干预的状态下 HF-HRV 值在三组之间本身就存在着显著区别，对组别进行进一步的两两比较分析显示，抑郁倾向训练组和抑郁倾向对照组的 HF-HRV 值均显著低于健康对照组的平均水平($p = 0.001$; $p = 0.002$，见图 3)，两个抑郁倾向组之间不存在显著性差异($p = 0.84$)。

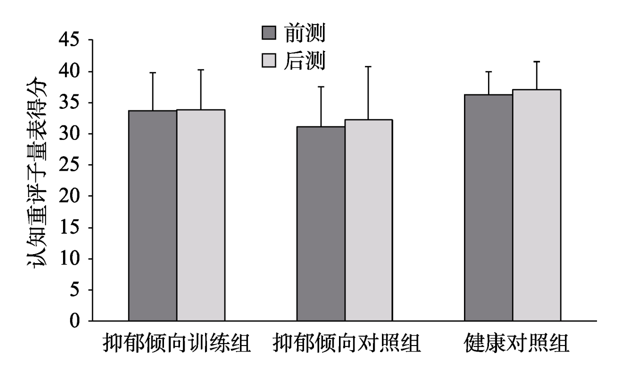
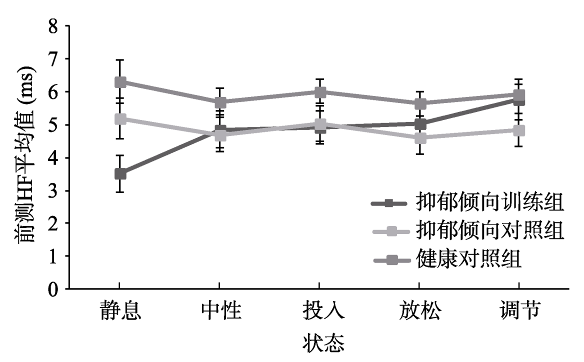


图 2　情绪调节量表认知重评子量表得分条形图



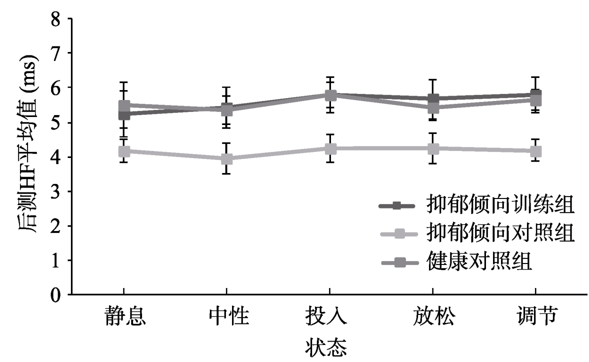


图 3　三组被试在前后测的情绪调节任务中 5 个条件下的平均 HF-HRV 值

注：误差线为标准误(SE)。其中上图是三组在前测的 HF-HRV 值，差异检验表明，两个抑郁倾向组之间没有差异，但他们都与健康组差异显著($p = 0.001$, $p = 0.002$)。下图是三组后测的 HF-HRV 结果，抑郁倾向训练组与抑郁倾向对照组差异边缘显著($p = 0.052$)，与健康对照组差异不显著。

3.4.2 三组 HF-HRV 的 2(时间) × 3(组别) × 5(条件)混合方差分析

对三组在前后测的 HF-HRV 数据进行 2(时间：前测、后测) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组) × 5(条件：静息、中性、投入、放松、调节)的重复测量方差分析。发现组别的主效应不显著, $F(2, 57) = 2.55, p = 0.08$; 时间的主效应也不显著, $F(1, 57) = 0.24, p = 0.62$; 条件的主效应显著, $F(4, 228) = 2.41, p = 0.049, \eta_p^2 = 0.04$。五个条件两两进行比较发现, 中性状态和投入状态下的 HF-HRV 之间存在显著差异($p = 0.048$), 投入状态下的 HF-HRV 显著高于中性状态的 HF-HRV, 其余差异不显著。另外, 还发现时间×组别的交互作用显著, $F(2, 57) = 4.41, p = 0.017, \eta_p^2 = 0.13$; 条件×组别的交互作用也显著, $F(8, 228) = 3.20, p = 0.002, \eta_p^2 = 0.10$; 时间×条件、时间×条件×组别的交互作用均不显著。简单效应分析显示, 抑郁倾向训练组和抑郁倾向对照组被试在前测 HF-HRV 没有显著差异, 在后测抑郁倾向训练组和抑郁倾向对照组差异边缘显著($p = 0.052$), 后测抑郁倾向训练组的 HF-HRV 高于抑郁倾向对照组。还发现, 抑郁倾向训练组在前后测的 HF-HRV 有显著差异($p = 0.042$), 后测的 HF-HRV 要显著高于前测。抑郁倾向对照组和健康对照组在前后测均没有显著差异。抑郁倾向训练组在调节状态下的 HF-HRV 要显著高于静息状态($p = 0.002$), 其余条件没有显著差异, 抑郁倾向对照组和健康对照组在各个条件下均没有发现显著差异。

3.4.3 ΔHF 的重复测量方差分析

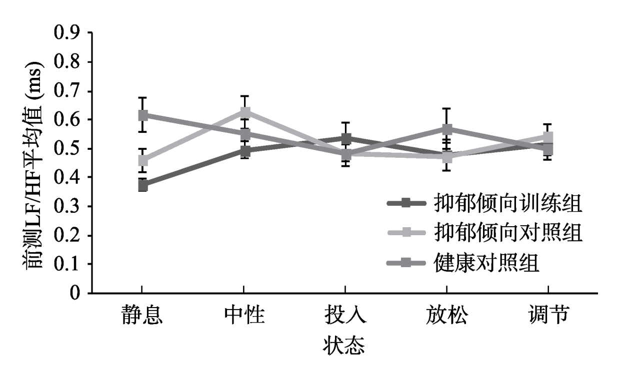
对中性→投入状态 HF-HRV 的净改变量进行 2(时间：前测、后测) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组)的重复测量方差分析, 结果显示, 时间主效应不显著, $F(1, 57) = 0.55, p = 0.46$; 组别主效应不显著, $F(2, 57) = 0.24, p = 0.79$; 时间和组别的交互作用也不显著, $F(2, 57) = 0.30, p = 0.74$。

对中性→调节状态 HF-HRV 的净改变量进行 2(时间：前测、后测) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组)的重复测量方差分析, 结果显示, 时间主效应不显著, $F(1, 57) = 0.28, p = 0.59$; 组别主效应不显著, $F(2, 57) = 0.94, p = 0.39$; 时间和组别的交互作用也不显著, $F(2, 57) = 0.88, p = 0.42$。说明在由中性态过渡到投入态、或是过渡到调节态的过程中, HF 的净改变量在三组被试之间、以及在三组被试的前后测之间均未体现出显著的统计学差异。

3.5 LF/HF-HRV

3.5.1 前测 LF/HF-HRV 的结果

观察图 4 可以看出：训练前健康对照组的 LF/HF-HRV 表现为进入中性状态后先下降, 在放松状态处升高, 而两组抑郁倾向的被试均表现为进入中性状态后先升高, 随后在放松状态处下降。对 LF/HF-HRV 的前测数据进行 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组) × 5(条件：静息、中性、投入、放松、调节)的方差分析, 结果显示：前测组别和条件的主效应均不显著, 而条件和组别的交互作用显著($F(8, 285) = 2.02, p = 0.044, \eta_p^2 = 0.05$), 说明三组被试的 LF/HF-HRV 值随实验条件的变化趋势不完全相同。进一步的简单效应分析显示, 在静息条件下, 健康对照组的 LF/HF-HRV 的平均水平显著高于抑郁倾向训练组($p = 0.001$)和抑郁倾向对照组($p = 0.043$), 其他条件下各组没有显著差异。说明在实验前阶段, 抑郁倾向被试有着相对较低的交感神经活动。



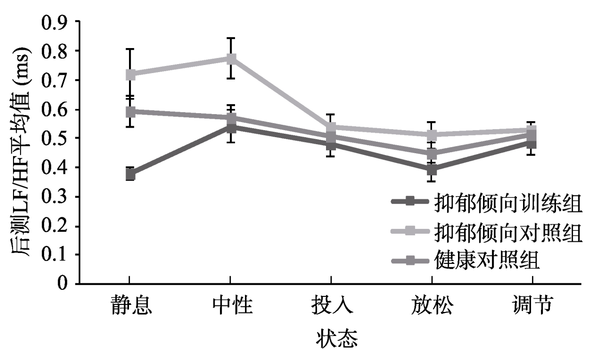


图 4 三组被试在前后测的情绪调节任务中 5 个条件下的平均 LF/HF-HRV 值

注：误差线为标准误(SE), * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$。其中上图是三组在前测的 LF/HF-HRV 值, 差异检验表明, 在静息条件下, 健康对照组的 LF/HF-HRV 的平均水平显著高于抑郁倾向训练组($p = 0.001$)和抑郁倾向对照组($p = 0.043$)。下图是三组后测的 LF/HF-HRV 结果, 抑郁倾向训练组的 LF/HF-HRV 显著低于抑郁倾向对照组($p = 0.007$)。

3.5.2　三组 LF/HF-HRV 的 2(时间) × 3(组别) × 5(条件)混合方差分析

对前后测的 LF/HF-HRV 数据进行 2(时间：前、后测) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组) × 5(条件：静息、中性、投入、放松、调节)的重复测量方差分析。发现组别的主效应不显著, $F(2, 57) = 2.94$, $p = 0.06$; 时间的主效应也不显著, $F(1, 57) = 0.72$, $p = 0.39$; 条件的主效应显著, $F(4, 228) = 8.49$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.13$。五个条件两两进行比较发现, 中性状态和投入状态、放松状态、调节状态下的 LF/HF-HRV 均有显著性差异, 中性状态下的 LF/HF-HRV 均显著高于投入状态($p < 0.001$)、放松状态($p < 0.001$)和调节状态($p = 0.002$)。另外, 还发现时间×组别的交互作用边缘显著, $F(2, 57) = 3.08$, $p = 0.053$, $\eta_p^2 = 0.09$; 条件×组别交互作用显著, $F(8, 228) = 5.62$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.16$; 时间×条件的交互作用也显著, $F(4, 228) = 3.69$, $p = 0.006$, $\eta_p^2 = 0.06$; 时间×条件×组别的交互作用不显著, $F(8, 228) = 1.60$, $p = 0.12$。简单效应分析显示, 三组被试在前测 LF/HF-HRV 没有显著差异, 在后测抑郁倾向训练组和抑郁倾向对照组差异显著($p = 0.007$), 在后测抑郁倾向训练组的 LF/HF-HRV 要显著低于抑郁倾向对照组。在投入状态下, 抑郁倾向训练组的 LF/HF-HRV 显著低于抑郁倾向对照组($p = 0.011$), 抑郁倾向训练组和健康对照组没有显著差异($p = 1.000$)。简单效应分析显示, 静息状态的 LF/HF-HRV 前后测差异显著($p = 0.036$), 后测的 LF/HF-HRV 显著高于前测。

3.5.3　ΔLF/HF 的重复测量方差分析

对中性→投入状态的 LF/HF-HRV 净改变量进行 2(时间：前测、后测) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组)重复测量方差分析, 结果显示, 时间主效应以及时间和组别的交互作用均不显著, 而组别的主效应显著, $F(2, 57) = 10.93$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.27$。对组别进行进一步的两两比较分析发现, 抑郁倾向训练组和抑郁倾向对照组之间、以及抑郁倾向对照组和健康对照组之间存在显著差异($p < 0.001$; $p = 0.003$), 而抑郁倾向训练组和健康对照组之间不存在显著差异($p = 0.16$)。结合图 5 可以看出, 抑郁倾向对照组在投入状态下表现出了更负的 LF/HF-HRV 净改变值, 说明该组别的被试在由中性状态过渡到投入状态时, 有着较明显的 LF/HF-HRV 值下降。

对中性→调节状态 LF/HF-HRV 净改变量进行 2(时间：前测、后测) × 3(组别：抑郁倾向训练组、抑郁倾向对照组、健康对照组)重复测量方差分析, 结果显示, 时间的主效应显著, $F(1, 57) = 5.08$, $p = 0.028$, $\eta_p^2 = 0.082$; 组别的主效应也显著, $F(2, 57) = 5.08$, $p = 0.009$, $\eta_p^2 = 0.15$; 而时间和组别的交互作用不显著, $F(2, 57) = 1.65$, $p = 0.20$。时间的显著差异表现为, 前测的 ΔLF/HF 显著高于后测水平, $F(1, 57) = 5.08$, $p = 0.028$, $\eta_p^2 = 0.08$。对三组进行两两比较发现, 抑郁倾向对照组的 ΔLF/HF 显著低于抑郁倾向训练组($p = 0.003$)和健康对照组($p = 0.028$), 且抑郁倾向训练组和和健康对照组的 ΔLF/HF 无显著差异($p = 0.40$)。

为了进一步明确训练的效应, 分别对前后测的组别差异进行检验, 分析发现, 在前测, 组别的主效应不显著($p = 0.23$)。在后测, 组别的主效应显著($F(2, 57) = 5.31$, $p = 0.008$, $\eta_p^2 = 0.15$), 对后测数据进行进一步的组间两两比较分析发现, 抑郁倾向训练组和健康对照组的平均值相当($p = 1.00$), 均显著高于抑郁倾向对照组($p = 0.017$; $p = 0.022$)。结合图 5 可以看出, 抑郁倾向对照组在调节状态下表现出了更负的 LF/HF-HRV 净改变值, 说明该组别的被试在调节状态下相对于中性状态而言, 有着较明显的 LF/HF-HRV 值下降, 但结合图 4 可以看出, 净改变量的明显下降主要是由于中性条件下抑郁倾向对照组的 LH/HF 有明显上升导致的。

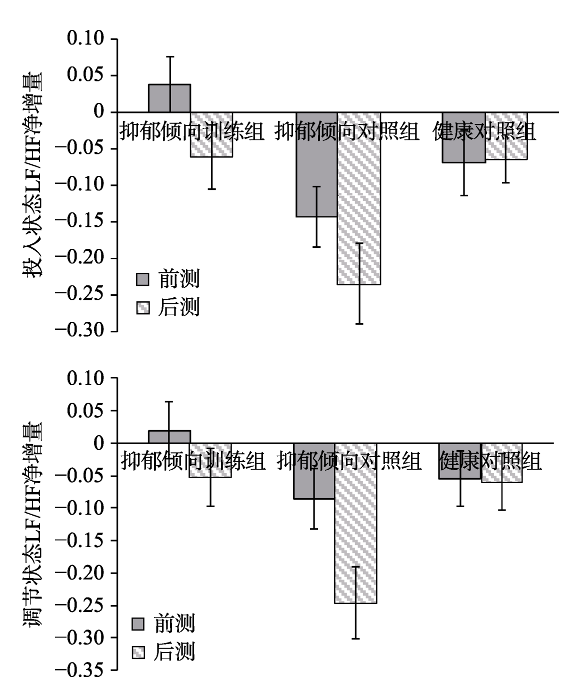


图 5　三组在前后测的投入与调节状态下 LF/HF-HRV 净改变量条形图

注：误差线为标准误(SE)。

4 讨论

工作记忆训练作为一种提升大脑表征与信息维持能力的干预手段，它不仅被应用在在健康个体的认知功能提高上面，还被尝试运用在各类临床病人的治疗干预当中，如注意缺陷多动障碍、抑郁症、焦虑症等，并发现了很多积极的效果(潘东旎，李雪冰, 2017)。本研究通过观察和比较健康的和有抑郁倾向的大学生在自然状态下以及在工作记忆刷新训练干预后情绪调节能力的差异，研究表明工作记忆刷新训练可以改善抑郁倾向大学生的情绪调节能力，主要反映在情绪激发过程中的 HRV 变化模式与健康被试相接近以及 HF-HRV 值升高的层面上。该研究扩展了国内对抑郁倾向个体的生理指标应用的新领域，具有一定的理论和现实意义。

4.1 抑郁倾向个体情绪调节能力

就前测数据而言，在自然状态下，抑郁倾向大学生在主观量表以及生理指标这两个情绪调节指标上均与健康大学生存在显著差异。在主观量表上，表现为在情绪调节量表的认知重评维度上抑郁倾向对照组的被试得分显著低于健康对照组，和前人的研究一致(Joormann & Gotlib, 2010)。而抑郁倾向训练组的被试虽然在该维度上得分也低于健康对照组，但未通过显著性检验，考虑自愿参加训练的抑郁倾向者或许有较强的改变自我现状的动机。在生理指标上，有抑郁倾向的大学生 HF-HRV 显著低于健康大学生，这与 Tonhajzerova, Visnovcova, Mestanikova, Jurko 和 Mestanik (2016)的研究结果相似，比起健康个体，抑郁个体在观看负性情绪视频时会有显著更低的 HF-HRV, 可能表明抑郁个体在面对压力应激时会表现出钝化的心血管反应(Tonhajzerova et al., 2016)。另外，有不少研究指出静息心率变异性代表的是一种在情绪调节需要的情况下可以提供支撑的资源(Thayer & Lane, 2009)。在成功的情绪调节过程中，不管是通过认知重评还是情感抑制，心率变异性都会升高(Butler, Wilhelm, & Gross, 2006)，同时低心率变异性也是多种病理生理和精神疾病的危险因素(Thayer & Lane, 2009; Ingjaldsson, Laberg, & Thayer, 2003)。而本研究不仅考察了静息态下的 HRV 值，还考察了被试在情绪任务中的 HRV 频域值的变化情况，由图 3 以及 3.4.1 的结果可以看出，抑郁倾向的大学生在静息、中性、投入、放松以及调节的状态下，都表现出了低于健康大学生的 HF-HRV 值，说明健康个体生理的唤醒水平较低，心迷走神经活动水平较高，利于减轻情绪障碍所致的交感紧张，从而起到了放松身心的作用。不仅如此，由图 4 及 3.5.1 的结果可以看出，抑郁倾向的大学生在情绪任务中 LF/HF 的变化模式与健康大学生有着显著差异，考虑有抑郁倾向的大学生在参与本次实验任务时，与健康被试有着不一样的情绪反应模式，尤其表现在心交感神经方面。另外，在对 LF/HF 前测数值的观察中，健康对照组的 LF/HF-HRV 显著高于两个抑郁倾向组别，这和引言部分的介绍相比，有所偏差，引言提到，根据 Wang 等 (2016) 的说法，调节情绪会使 LF/HF-HRV 下降，而 LF/HF-HRV 的上升一般出现在自主神经失调过程中(Wang et al., 2016)，但就本次研究看来，并非绝对如此，可以考虑在前测条件下，两个抑郁倾向组在静息条件下都自发地出现了情绪调节的意识(表现为两个抑郁倾向组的 LF/HF 值显著低于健康被试)，当然，也有可能是健康个体在将要进入试验情景时较容易被唤醒，因而由于紧张而表现为心交感神经较为活跃。再者，对于 LF/HF-HRV 值的说法并未取得一致意见，有研究表明睡眠深沉组的 LF/HF-HRV 显著高于睡眠轻浅组，说明正常人的交感-迷走神经平衡状态较睡眠轻浅者好(龙捷, 2016)，还有研究质疑了 LF/HF 对交感-迷走神经的平衡性的指示作用(Billman, 2013)，故笔者认为对该指标的应用需要进一步论证，尤其是在解释其实际意义时需慎重。前测数据的这些分析结果是对现有研究的进一步推进。

综合前后测的数据分析显示，工作记忆刷新训练改变了抑郁倾向大学生的 HRV 情况，使之趋近正常化。由 3.4.2 的结果中可以看到，训练后，抑郁倾向训练组在情绪调节任务中，表现出了与健康对照组相似的 HF-HRV 折线图，并且这两组的 HF-HRV 和抑郁倾向对照组的差异边缘显著，说明通过工作记忆刷新训练，抑郁倾向个体的 HF-HRV 得到提升，贴近健康组的 HRV 水平，并与未接受训练的抑郁倾向个体拉开差距。另外，相比两个对照组，抑郁倾向训练组在后测 HF-HRV 有显著的提高，说明工作记忆刷新训练能有效提高抑郁倾向个体的心迷走神经活性，从而提高他们的情绪调节能力。另外，由 3.5.2 的结果中可以看到，训练后，抑郁倾向训练组的 LF/HF-HRV 要显著低于抑郁倾向对照组。

由上述两个结果看来，工作记忆刷新训练改善了抑郁倾向大学生的情绪激发模式，使之趋向正常

化, 考虑工作记忆刷新训练通过优化注意资源的分配、削弱对负性情绪的沉浸而提高了受训者的情绪调节能力(Pe et al., 2013)。本次实验设计采用的是双对照组的方法, 从双对照的结果来总结, 一方面抑郁倾向训练组的大学生在训练后与健康对照组的 HF-HRV 值差异消失, 另一方面抑郁倾向训练组的后测 HF-HRV 值显著高于抑郁倾向对照组。这种与健康对照组相贴近而与抑郁倾向对照组分离的结果表明了工作记忆刷新训练具有改善抑郁倾向大学生自主神经功能、使之趋向正常化的效果。值得注意的是, 本研究沿用了 Xiu (2016)等人的实验假设, 若工作记忆刷新训练可以改变被试的情绪调节能力, 那么方差分析的结果理应表现为调节状态下的 HF-HRV 在抑郁倾向训练组中有显著改变, 但就目前实验结果来看, 训练组在各个条件下都提升了, 即训练效应并非针对性的作用于情绪调节状态中, 考虑发生在自主神经功能层面上的改变不易受到主观控制(即虽然指导语在主观层面上生效了, 但 HRV 指标不一定都受到了指导语影响), 但目前证据依旧不足, 有待进一步验证。另外, 对比图 3 和图 4 中的前后测结果来看, 抑郁倾向对照组在前后测有较明显的 HRV 波动, 表现为 HF-HRV 在后测的平移式下降, 以及 LF/HF 在静息和中性条件下的显著上升, 而抑郁倾向训练组则表现为 HF-HRV 在后测有上升, LF/HF 则几乎不变, 综合前测结果来看, 作者考虑在后测, 未接受工作记忆刷新训练干预的抑郁倾向对照组由于再次试验的熟悉感(因为 20 天前看过类似的负性视频, 心理遗留着不好的预期, 因而在实验一开始就表现出了自主神经紧张), 因而心交感神经活跃, 再次进入负性视频环节反而有一种解脱感, 另外, 神经细胞的兴奋是存在不应期的, 上一次兴奋后阈限会提升, 再次兴奋会较为困难, 据此可以解释为何在后测, 抑郁倾向对照组在静息和中性条件下会出现 LF/HF 值上升, 而负性视频中 LF/HF 下降的反常表现, 即这一过程同时受到被试主观预期和神经细胞不应期的影响。这也侧面反映了该组被试有较为持久的沉浸。

就刷新功能而言, 三组在 2-back 和 3-back 任务的后测中都有明显的进步, 表现在正确率的提高和反应时的缩短上面。对三组的方差分析发现, 组别的主效应均不显著, 即没有发现训练组在刷新任务上有更大的提高。一个可能的原因是在编制对于成年人的工作记忆测验时会将难度水平设定在中等偏上一点的程度, 对于多数被试, 稍加训练(两次测验本身就是练习)都会提高, 但提高的幅度有限, 差不多接近天花板效应。根据 Zhao (2013)和 Xiu (2016)等人的研究可以发现, 大学生群体在 2-back 的正确率都是较高, 反应时较短的, 因此本实验中三组在 2-back 和 3-back 任务的成绩上没有组别上的差异也是正常的。本研究中工作记忆训练的重点不在于工作记忆本身提高多少, 主要在于引起功能的改变, 即 HRV 的变化。本研究使用的工作记忆刷新训练已有很多文章证明过是有效的, 如 Zhao (2013)等人的研究表明, 该工作记忆刷新训练能引起个体明显的脑电活动如 P2、P3 等的改变; Xiu (2016)等人的研究表明此训练能引起正常大学生 HF-HRV 的改变。本研究主要想证明的也是工作记忆刷新训练对抑郁倾向大学生情绪调节能力的影响, 主要表现在 HF-HRV 这个指标上。

4.2 HRV 差值意义

另外, HRV 值本身就表征着每搏心率间期的变异性, 其差值的意义有待考究。本研究的实验设计参考了修利超等人的实验范式(Xiu et al., 2016), 采用差值的做法, 考察被试在投入状态和在调节状态中的"纯净"情绪值。结果显示, 三组被试在训练前后的投入态和调节态中的△HF 无显著差异, 而抑郁倾向对照组的 ΔLF/HF 有显著的波动, 表现为较中性态而言, 有显著下降。虽然从心理学实验设计来说, 做差是为了平衡被试的基线, 去除观看视频本身对被试情绪状态的影响, 但 HRV 值本身就表征着变异的大小, 即连续心搏间瞬时心率的微小涨落。所以在讨论 HRV 差值的实际意义时, 要结合其本质属性来讨论。在这里, ΔHF 和 ΔLF/HF 指的都是被试每搏心率间期的变异性在由中性状态过渡到下一状态过程中的改变量, 反映的是心率变异性的波动大小(即波动的波动)。虽然统计结果表明抑郁倾向对照组在由中性条件过渡到调节状态的过程中, 以及在由中性条件过渡到投入状态的过程中均表现出了更负的 ΔLF/HF 值, 即明显地下调了 LF/HF-HRV, 但结合 3.5.1 (或图 4)的结果来看, 之所以出现这样的差异并非来自于该组别的被试在投入态或调节态时 LF/HF-HRV 有显著降低, 而只是因为该组被试在中性条件下有过高的 LF/HF-HRV 值, 即抑郁倾向对照组在后测的情绪任务中, 观看中性视频时出现了较高的心交感神经兴奋的状况, 而另外两组没有。故在使用差值法提取纯净情绪时, 需考虑差值的实际意义, 并结合原始值分析。

4.3 研究局限

特别指出的是，心率也许在投入和调节状态下都会显著高于中性条件，但心率变异性则不是，HRV 与情绪范式相结合时需要考虑其特殊性，通过作差法、取差值这一方式来平衡基线更要慎重，因为基线本身(比如这里指的中性视频的 HRV 值)就表征着波动，甚至已经反映了自主神经功能的状况，所以未必适于作为被减数。另外，考虑到神经细胞兴奋的不应期，在今后此类研究中，应该要注意设计专门适用于 HRV 的情绪诱发和调节范式。

其次，由 3.3 中的结果可以看出，自愿接受 20 天工作记忆刷新训练的抑郁倾向被试，其情绪调节量表的得分情况与健康对照组没有显著差异，只有抑郁倾向对照组在情绪调节量表得分上体现出了显著低于健康被试的现象，考虑愿意参加训练的抑郁倾向被试或许有在潜意识中调节自己的情绪。以自愿参加为原则进行分组难免产生混淆因素，但由于心理学科发展和实验条件的限制，此类问题目前尚没有得到很好的解决。虽然在实际实验中，采取自愿训练的分组方法可以保证较低的被试脱离率，但难免也降低了整个实验分析的效能。在参与率与随机化中进行取舍，依然是目前在工作记忆刷新训练的相关实验中需面对的问题。随着心理学实验方法的发展，希望能在实验招募上有更好的处理措施，以尽可能减少或消除被试在前测由于实验组和对照组非双盲的分组和处理而导致的心理各方面的差异。另外，为了避免昼夜节律对人体心率变异性的影响，此类涉及生理指标的研究均应在固定季节固定时段进行。

4.4 未来展望

在关于工作记忆刷新训练的长期效应上，本研究没有进行长期的追踪，因此无法得知训练的后续效果如何，这是今后可以进一步探究的问题。目前还没有关于工作记忆训练在情绪调节方面远迁移长期效应的讨论，但我们注意到相关的一些工作记忆训练研究对个体自身工作记忆的提高以及在智力方面迁移并维持方面进行了讨论，如 Gropper 等人对有注意缺陷多动障碍(ADHD)的大学生进行为期 5 周的工作记忆训练，发现训练的效果可以持续到两个月后(Gropper, Gotlieb, Kronitz, & Tannock, 2014); Chen, Ye, Chang, Chen 和 Zhou (2017)对儿童进行工作记忆刷新训练，发现在训练完 6 个月后受训者在数学成绩上仍有明显提高。因此，在未来研究可以进一步讨论工作记忆刷新训练的维持效应的问题。

其次是关于 HRV 正常取值范围的国内常模建立。本研究发现 HRV 有可能因人种的不同而有不同的波动范围，本研究所测的 HF 值大约为 160 ms^2/Hz，在 0.15~0.4 Hz 的波段内积分，并开方，得到的结果在 6 ms 左右，这和巴西学者 Antelmi 等在欧洲开展的实验结果稍有差别(Antelmi et al., 2004)，其研究表明 20 岁左右的巴西人群的正常 HF 的 24 小时心电图记录下的 HF-HRV 值大概在 16~18 ms 范围内，这一方面也许是人种差异，二方面也许是记录时长的差异导致的，有文献表明 24 h 的记录结果会高于 5 min 的结果，而国内还没有大样本研究或是常模出现，这是未来值得研究的方向。另外，考虑短时程 HRV 与长时程 HRV 相比，能较好控制各种影响因素，稳定程度及真实性更好(柯素颖，赵娣，杨芳，2015)，欧洲心血管病学会及北美心脏起搏和电生理学会专题委员会也建议以 5 min 作为标准(Listed, 1996)。故本实验采取短时程 HRV 有较好的稳定性，但关于可比性，仍需要大样本调查研究来论证。

最后，在抑郁的干预中，也有研究者尝试了使用 HRV 生物反馈调节的手段(李欣，桑德春，邢春晓，陈炘钧，宋鲁平，2016)，这不失为直接作用于人类的情绪调节能力的一项措施，但目前国际上还没有公认的可用于压力识别研究的 HRV 或心电信号数据库(刘振, 2016)。HRV 的参数是丰富的，包括频域参数、时域参数以及非线性参数，每项参数里还划分许多子参数，可以考虑将一系列参数值作为识别特征，以随机森林、贝叶斯等算法为建模基础(陈彦会, 2017)，建立压力或情绪的识别系统。希望本项研究可以为今后的实验提供参考。

5 结论

本研究对抑郁倾向大学生的情绪变化、情绪调节、HRV 生理指标值等特点进行了观察，发现抑郁倾向大学生在 HRV 频域指标上与健康大学生有显著差异。既有数值上的差异，又有变化模式上的差异。经过训练，抑郁倾向大学生的 HRV 值及其变化模式都趋向于正常化，并与抑郁倾向对照组拉开差距。表明工作记忆训练能够改善抑郁倾向大学生的心率变异性，并一定程度缓解他们的抑郁倾向。

参考文献

Åhs, F., Iii, J. J. S., Furmark, T., Fredrikson, M., & Thayer, J. F.

(2009). High-frequency heart rate variability and cortico-striatal activity in men and women with social phobia. *Neuroimage, 47*(3), 815–820.

Alaoui-lsmaïli, O., Vernet-maury, E., Dittmar, A., Delhomme, G., & Chanel, J. (1997). Odor hedonics: connection with emotional response estimated by autonomic parameters. *Chemical Senses, 22*(3), 237–248.

Antelmi, I., de Paula, R. S., Shinzato, A. R., Peres, C. A., Mansur, A. J., & Grupi, C. J. (2004). Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *American Journal of Cardiology, 93*(3), 381–385.

Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology, 10*(3), 229–240.

Billman, G. E. (2013). The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in Physiology, 4*, 26.

Butler, E. A., Wilhelm, F. H., & Gross, J. J. (2006). Respiratory sinus arrhythmia, emotion, and emotion regulation during social interaction. *Psychophysiology, 43*(6), 612–622.

Chen, X., Ye, M., Chang, L., Chen, W., & Zhou, R. (2017). Effect of working memory updating training on retrieving symptoms of children with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *51*(5), 507–519.

Chen, Y. H. (2017). *Research on description methods of stress state based on heart rate variability parameters* (Unpublished master's thesis). Tianjin University of Technology.

[陈彦会. (2017). *基于心率变异性参数的压力状态描述研究*(硕士学位论文). 天津理工大学.]

Dahlin, E., Nyberg, L., Bäckman, L., & Neely, A. S. (2008). Plasticity of executive functioning in young and older adults: Immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology & Aging, 23*(4), 720–730.

Deng, Y., Yang, M., & Zhou, R. (2017). A new standardized emotional film database for Asian culture. *Frontiers in Psychology, 8*, 1941.

Di Simplicio, M., Costoloni, G., Western, D., Hanson, B., Taggart, P., & Harmer, C. J. (2012). Decreased heart rate variability during emotion regulation in subjects at risk for psychopathology. *Psychological Medicine, 42*(8), 1775–1783.

Diestel, S., & Schmidt, K. H. (2011). The moderating role of cognitive control deficits in the link from emotional dissonance to burnout symptoms and absenteeism. *Journal of Occupational Health Psychology, 16*(3), 313–330.

Flores, L. E., & Berenbaum, H. (2017). The social regulation of emotion and updating negative contents of working memory. *Emotion, 17*, 577–588.

Fu, A. S. (2015). *Research on human body's heart-muscle electrophysiological changes in the 45-day -6° Head-down Bed-rest (HDBR)* (Unpublished master's thesis). Tianjin University.

[付安爽. (2015). *45 天-6°头低位卧床实验中的人体心−肌电生理变化研究*(硕士学位论文). 天津大学.]

Gropper, R. J., Gotlieb, H., Kronitz, R., & Tannock, R. (2014). Working memory training in college students with ADHD or LD. *Journal of Attention Disorders, 18*(4), 331–345.

Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology, 85*(2), 348–362.

Huang, M. E., & Guo, D. J. (2001). Emotion regulation and depression of college students. *Chinese Mental Health Journal, 15*, 438–441.

[黄敏儿, 郭德俊. (2001). 大学生情绪调节方式与抑郁的研究. *中国心理卫生杂志, 15*, 438–441.]

Ingjaldsson, J. T., Laberg, J. C., & Thayer, J. F. (2003). Reduced heart rate variability in chronic alcohol abuse: Relationship with negative mood, chronic thought suppression, and compulsive drinking. *Biological Psychiatry, 54*(12), 1427–1436.

Joormann, J. & Gotlib, I. H. (2010). Emotion regulation in depression: relation to cognitive inhibition. *Cognition & Emotion, 24*(2), 281–298.

Ke, S. Y., Zhao, D., & Yang, F. (2015). Effect of breathing regulation training on heart rate variability of breast cancer patients. *Maternal and Child Health Care of China, 30*, 1495–1499.

[柯素颖, 赵娣, 杨芳. (2015). 呼吸调节训练对乳腺癌患者心率变异性的影响. *中国妇幼保健, 30*, 1495–1499.]

Koenig, J., Kemp, A. H., Beauchaine, T. P., Thayer, J. F., & Kaess, M. (2016). Depression and resting state heart rate variability in children and adolescents-A systematic review and meta-analysis. *Clinical Psychological Review, 46*(46), 136–150.

Levens, S. M., & Gotlib, I. H. (2010). Updating positive and negative stimuli in working memory in depression. *Journal of Experimental Psychology General, 139*(4), 654–664.

Li, X., Sang, D. C., Xing, C. X., Chen, X. J., & Song, L. P. (2016). Effects of heart rate variability biofeedback therapy on stress reaction in patients with post-stroke depression. *Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice, 22*(8), 914–920.

[李欣, 桑德春, 邢春晓, 陈炘钧, 宋鲁平. (2016). 心率变异性生物反馈改善卒中后抑郁压力反应的研究. *中国康复理论与实践, 22*(8), 914–920.]

Libby, D. J., Worhunsky, P. D., Pilver, C. E., & Brewer, J. A. (2012). Meditation-induced changes in high-frequency heart rate variability predict smoking outcomes. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*(12), 54.

Listed, N. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal, 17*(3), 354–381.

Liu, X. F., & Ye, Z. Q. (2001). Analysis methods and application of heart rate variability. *International Journal of Biomedical Engineering, 24*(1), 42–45.

[刘晓芳, 叶志前. (2001). 心率变异性的分析方法和应用. *国际生物医学工程杂志, 24*(1), 42–45.]

Liu, Z. (2016). *Research on mental stress recognition based on heart rate variability* (Unpublished master's thesis). Tianjin University of Technology.

[刘振. (2016). *基于心率变异性的心理压力识别研究*(硕士学位论文). 天津理工大学.]

Long, J. (2016). *Insomnia symptoms quantitative evaluation based on heart rate variability (HRV)* (Unpublished master's thesis). Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning, China.

[龙捷. (2016). *基于心率变异性(HRV)的不寐症状定量测评*(硕士学位论文). 广西中医药大学, 南宁.]

Mackie, M-A., van Dam, N. T., & Fan, J. (2013). Cognitive control and attentional functions. *Brain Cognition, 82*(3), 301–312.

Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation, 84*(2), 482–492.

Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology, 81*(2), 111–121.

Pan, D. N., & Li, X. B. (2017). Working memory training in

mental disorders. *Advances in Psychological Science, 25*, 1527–1543.
[潘东旎, 李雪冰. (2017). 工作记忆训练在精神疾病中的应用. *心理科学进展, 25*, 1527–1543.]
Pe, M. L., Koval, P., Houben, M., Erbas, Y., Champagne, D., & Kuppens, P. (2015). Updating in working memory predicts greater emotion reactivity to and facilitated recovery from negative emotion-eliciting stimuli. *Frontiers in Psychology, 6*, 372.
Pe, M. L., Raes, F., & Kuppens, P. (2013). The cognitive building blocks of emotion regulation: Ability to update working memory moderates the efficacy of rumination and reappraisal on emotion. *PloS One, 8*(7), e69071.
Sharma, N., & Gedeon, T. (2012). Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: A survey. *Computer Methods & Programs in Biomedicine, 108*(3), 1287–1301.
Sperduti, M., Makowski, D., Arcangeli, M., Wantzen, P., Zalla, T., Lemaire, S., … Piolino, P. (2017). The distinctive role of executive functions in implicit emotion regulation. *Acta Psychologica, 173*, 13–20.
Tan, X., Zhang, J., Wu, Z. Y., Du, J., & Kong, J. H. (2010). Depression tendency of college students and mental intervention of Chinese Medicine. *Jilin Journal of Chinese Medicine, 30*, 741–744.
[谭曦, 张靖, 吴朝阳, 杜渐, 孔军辉. (2010). 大学生抑郁倾向的特点及中医心理干预. *吉林中医药, 30*, 741–744.]
Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33*(2), 81–88.
Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 36*(2), 747–756.
Tonhajzerova, I., Visnovcova, Z., Mestanikova, A., Jurko, A., & Mestanik, M. (2016). Cardiac vagal control and depressive symptoms in response to negative emotional stress. *Advances in Experimental Medicine & Biology, 934*, 23–30.
Tuo, Y., Tao, H., & Zhu, Q. Y. (2001). Research progress in heart rate variability. *Journal of Clinical and Pathological Research, 21*(4), 305–308.
[庹焱, 陶红, 朱铨英. (2001). 心率变异性研究进展. *临床与病理杂志, 21*(4), 305–308.]
Vazquez, L., Blood, J. D., Wu, J., Chaplin, T. M., Hommer, R. E., Rutherford, H. J. V., … Crowley, M. J. (2016). High frequency heart-rate variability predicts adolescent depressive symptoms, particularly anhedonia, across one year. *Journal of Affective Disorders, 196*, 243–247.
Wang, L., Lu, Y. P., & Li, Z. Q. (2007). Test of emotion regulation scale in adolescents. *Chinese Journal of Clinical Psychology, 15*(3), 236–238.
[王力, 陆一萍, 李中权. (2007). 情绪调节量表在青少年人群中的试用. *中国临床心理学杂志, 15*(3), 236–238.]
Wang, S-M., Lee, H-K., Kweon, Y-S., Lee, C. T., Chae, J-H., Kim, J-J., & Lee, K-U. (2016). Effect of emotion regulation training in patients with panic disorder: evidenced by heart rate variability measures. *General Hospital Psychiatry, 40*, 68–73.
Wang, S-M., Yeon, B., Hwang, S., Lee, H-K., Kweon, Y-S., Lee, C. T., Chae, J-H., & Lee, K-U. (2013). Threat-induced autonomic dysregulation in panic disorder evidenced by heart rate variability measures. *General Hospital Psychiatry, 35*(5), 497–501.
Williams, D. P., Cash, C., Rankin, C., Bernardi, A., Koenig, J., & Thayer, J. F. (2015). Resting heart rate variability predicts self-reported difficulties in emotion regulation: A focus on different facets of emotion regulation. *Frontiers in Psychology, 6*, 261.
Xiu, L., Zhou, R., & Jiang, Y. (2016). Working memory training improves emotion regulation ability: Evidence from hrv. *Physiology & Behavior, 155*(6), 25–29.
Yang, W. H., & Xiong, G. (2016). Screening for adolescent depression: validity and cut-off scores for depression scales. *Chinese Journal of Clinical Psychology, 24*(6), 1010–1015.
[杨文辉, 熊戈. (2016). 常用抑郁量表筛查我国青少年抑郁的效度和划界分. *中国临床心理学杂志, 24*(6), 1010–1015.]
Zhao, X., Zhou, R., & Fu, L. (2013). Working memory updating function training influenced brain activity. *PloS One, 8*(8), e71063.
Zhou, M., & Zhou, X. L. (2003). The executive function and emotion regulation of children. *Studies of Psychology and Behavior, 1*(3), 194–199.
[周玫, 周晓林. (2003). 儿童执行功能与情绪调节. *心理与行为研究, 1*(3), 194–199.]

HRV evidence for the improvement of emotion regulation in university students with depression tendency by working memory training

PENG Wanqing; LUO Wei; ZHOU Renlai

(*Department of Psychology, Nanjing University, Nanjing* 210023, *China*)

Abstract

Emotion regulation provides an effective way to understand and control our emotion. The lack of emotion regulation skill is viewed as one of the major causes of emotional problems, such as depression, anxiety disorder and others. Researchers have attempted to find an effective way to improve individuals' emotion regulation ability. In recent years, a promising direction is working memory updating, which is an essential element in the central executive component of working memory. Some studies suggest that working memory updating plays a

critical role in modulating the emotion regulation process and that working memory updating training can enhance emotion regulation ability.

Thus, it is possible to improve depression-prone individuals' emotion regulation ability through working memory training.

In order to examine the effect of working memory training on the emotion regulation ability of depression-prone college students, we used CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale) and BDI-II-C (Beck Depression Inventory II Chinese) evaluation to recruit 40 depression-prone students and 20 healthy students. The depression-prone students were further divided into training and control groups voluntarily. The depression-prone training group completed a 20-day working memory training program. The depression-prone control group and healthy control group did not take part in the training. Participants' scores for 2-back and 3-back tasks, Emotion Regulation Scale (ERS) scores, subjective emotion ratings for emotion regulation tasks, and HF (High Frequency Power) HRV (Heart Rate Variability) and LF (Low Frequency Power) HRV measurements for five conditions (resting, neutral, attending, relaxed and regulation) during pre-test and post-test phases were collected and analyzed. Statistical methods, including observation and variance analysis, were used to compare collected data from the three groups.

We found a significant main effect of condition on subjective emotion ratings. Participants' subjective emotion scores for the regulation and attending conditions were significantly higher than those for the neutral condition. In addition, the emotion scores for the regulation condition were significantly lower than those for the attending condition. As for the HRV data, during the pre-test phase, the depression-prone training and control groups had no significant difference with respect to HF-HRV, and their HF-HRV was significantly lower than that of the healthy control group. As for the ratio of LF/HF-HRV, a significant condition × group interaction was found. Resting LF/HF-HRV of the healthy control group was significantly higher than that of the depression-prone training and control groups. During the post-test phase, there was a significant increase in HF-HRV for the depression-prone training group. HF-HRV for the depression-prone training group became closer to that of the healthy control group and was marginally significantly higher than that of the depression-prone control group. Moreover, HF-HRV for the depression-prone training group was significantly higher with respect to the regulation condition than the resting condition, while there was no difference for the other two groups. During the post-test phase, the ratio of LF/HF-HRV for the depression-prone training group was significantly higher than for the depression-prone control group, and there was no significant difference between the depression-prone training group and the healthy control group.

In conclusion, the HRV data for the depression-prone training group was more similar to that of the healthy control group during the post-test phase than that of the depression-prone control group, which indicated an improvement in emotional regulation ability. For future research, a larger sample size and a more sophisticated experimental paradigm for HRV data collection are needed.

Key words　depression tendency; working memory updating training; emotion regulation ability; heart rate variability (HRV)